

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. August 2002 (22.08.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/065520 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 21/20,**
33/00

Bernhard [DE/DE]; Seefelderstrasse 18, 86163 Augsburg
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00308

(74) **Anwalt: VIERING, JENTSCHURA & PARTNER;**
Steinsdorfstrasse 6, 80538 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Januar 2002 (29.01.2002)

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 04 561.1 1. Februar 2001 (01.02.2001) DE

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE];
St.-Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

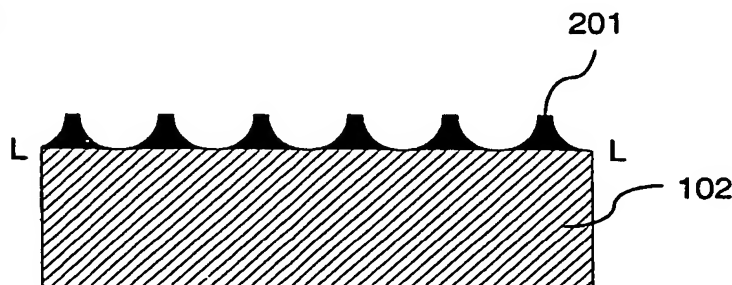
(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): STEGMÜLLER,**

(54) **Title:** QUANTUM POINT STRUCTURE, OPTOELECTRONIC INTERACTION COMPONENT AND METHOD FOR PRO-
DUCING A QUANTUM POINT STRUCTURE

(54) **Bezeichnung:** QUANTENPUNKT-STRUKTUR, BAUELEMENT MIT OPTOELEKTRONISCHER WECHSELWIRKUNG
UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER QUANTENPUNKT-STRUKTUR

101



(57) **Abstract:** The invention relates to a quantum-point structure comprising a first layer (102) made of a first material having a first lattice constant, said surface being covered with structuring bodies (103); also comprising a second layer made of a second material having a second lattice constant which is different from the first, being epitaxially grown on top of the surface of the first layer (102). The first material, surface, structuring bodies (103) and the second material are arranged in

such a way that quantum points (201) having the same size and distance from each other are formed from the second material.

(57) **Zusammenfassung:** Die Quantenpunkt-Struktur weist auf eine erste Schicht (102) aus einem ersten Material mit einer ersten Gitterkonstante, bei der die erste Schicht (102) eine mit Strukturierungskörpern (103) bedeckte Oberfläche aufweist, und eine über der Oberfläche der ersten Schicht (102) aufgewachsene zweite Schicht aus einem zweiten Material mit einer zweiten Gitterkonstante, die ungleich der ersten Gitterkonstante ist, wobei das erste Material, die Oberfläche, die Strukturierungskörper (103) und das zweite Material derart eingerichtet sind, dass sich aus dem zweiten Material Quantenpunkte (201) gleicher Größe und mit gleichem Abstand zueinander ausbilden.

WO 02/065520 A1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Beschreibung

Quantenpunkt-Struktur, Bauelement mit optoelektronischer Wechselwirkung und Verfahren zum Herstellen einer

5 **Quantenpunkt-Struktur**

Die Erfindung betrifft eine Quantenpunkt-Struktur, ein Bauelement mit optoelektronischer Wechselwirkung und ein Verfahren zum Herstellen einer Quantenpunkt-Struktur. ..

10

Quantenpunkte kommen an Grenzflächen zwischen zwei Materialien mit unterschiedlicher Gitterkonstante vor und werden beispielsweise in [1] beschrieben. Beim Abscheiden eines Materials mit einer ersten Gitterkonstante auf einer
15 ebenen Grenzfläche eines Substrates mit einer zweiten Gitterkonstante (Heteroepitaxie) wird der abgeschiedenen Schicht zunächst eine Kristallstruktur aufgezwungen, die eng mit der Struktur des Substrates zusammenhängt. Dadurch entsteht eine elastische Verspannung zwischen dem Substrat
20 und der abgeschiedenen Schicht, die auf verschiedene Weisen relaxieren kann. In einer dünnen zweidimensionalen Schicht (Quantenfilm) passt sich die erste Gitterkonstante des abgeschiedenen Materials in der Grenzflächenebene an die zweite Gitterkonstante des Substrates an und in dem
25 Quantenfilm entsteht eine tetragonale Verzerrung. Überschreitet die Schichtdicke einen bestimmten kritischen Wert, so wird die akkumulierte elastische Verspannungsenergie durch Versetzungen abgebaut (plastische Relaxation).

30 Als Alternative zu den Versetzungen können sich zur Relaxation der elastischen Energie auch dreidimensionale Inseln (Quantenpunkte) bilden. In den Quantenpunkten findet eine elastische Relaxation der Schicht auch parallel zur Grenzfläche statt. Beispielsweise enthält eine Pyramide mit
35 einem Facettenwinkel von 45° eine etwa 60 % geringere Volumen-Verspannungsenergie als eine zweidimensionale Schicht gleichen Volumens. Folglich streben dünne zweidimensionale

Schichten, also Quantenfilme, eine Quantenpunkt-Anordnung an, um mit den energetischen Zuständen der Materialbestandteile ein Energieminimum zu erreichen.

- 5 Quantenpunkte werden gemäß dem Stand der Technik vorwiegend mit dem Prinzip der Selbstanordnung nach Stranski-Krastanov hergestellt. Beim Stranski-Krastanov-Verfahren wird standardmäßig zunächst eine zweidimensionale Benetzungsschicht bestehend aus einem ersten
- 10 Halbleitermaterial auf einem Substrat aus einem zweiten Halbleitermaterial aufgewachsen. Darauf entsteht bei weiterer Abscheidung von erstem Halbleitermaterial ein selbstgeordnetes Feld defektfreier Inseln etwa gleicher Größe und Form. Als Wachstumsmethoden eignen sich hierzu sowohl
- 15 Molekularstrahlepitaxie (MBE) im Ultrahochvakuum als auch Metallorganische Gasphasenepitaxie (MOCVD, typisch bei einem Druck von etwa 10^3 - 10^5 Pa).

- Quantenpunkte etwa gleicher Größe und Form entstehen
- 20 unabhängig von der abgeschiedenen Materialmenge, wenn dem abgeschiedenen Material nur genügend Zeit gegeben wird, sich in ein Feld von Inseln zu transformieren. Die Materialmenge bestimmt dabei lediglich die Flächendichte der Quantenpunkte. Daher hängt die Energie der Photonen, die in einem solchen
- 25 Quantenpunkt bei der Rekombination von Elektronen mit Löchern freiwerden, nicht mehr von der abgeschiedenen Materialmenge ab. In einem Quantenfilm hingegen nimmt die Photonenenergie ab in dem Maße, in dem die abgeschiedene Materialmenge zunimmt. Sowohl mittels Molekularstrahlepitaxie als auch
- 30 mittels Metallorganischer Gasphasenepitaxie hergestellte Quantenpunkte zeigen eine quadratische Basis mit Kanten entlang der kristallographischen $\langle 100 \rangle$ -, $\langle 010 \rangle$ - oder $\langle 001 \rangle$ -Richtung des Substrates.
- 35 Unter den üblichen Bedingungen können mittels Molekularstrahlepitaxie und Metallorganischer Gasphasenepitaxie Felder und Stapel von kleinen

Quantenpunkten (≈ 10 nm) mit hoher Flächendichte ($> 10^{11} \text{ cm}^{-2}$) und guter optischer Qualität hergestellt werden. Solche Quantenpunkt-Ansammlungen werden zur Herstellung von Vorrichtungen wie beispielsweise Halbleiterlaserdioden benötigt.

Gemäß dem Stand der Technik können Quantenpunkt-Ansammlungen oder Quantenpunkt-Strukturen nur mit einer relativ unregelmäßigen Verteilung sowohl in Bezug auf die Abstände zwischen den Quantenpunkten als auch auf die Größe der Quantenpunkte hergestellt werden. Für ein optoelektronisches Bauelement wie einer Laserdiode ist eine Quantenpunkt-Struktur mit möglichst gleichen und relativ geringen Abständen zwischen den Quantenpunkten sowie mit gleichen Quantenpunkt-Größen vorteilhaft, da dadurch eine kleine Laserschwelle sowie eine geringe Linienbreite verursacht wird.

Die Herstellung einer regelmäßigen Anordnung von Quantenpunkten mittels Ätzen von epitaktisch gewachsenen Quantentopfstrukturen hat den Nachteil, dass die sich ergebenden Quantenpunkte keine ausreichende optische Qualität für die industrielle Anwendung aufweisen. Dies ist vor allem darin begründet, dass die epitaktisch gewachsenen Quantentopfstrukturen kristalline oder elektrische Fehlstellen bzw. Versetzungen aufweisen, an denen zu verstärkende Photonen eingefangen werden und dort nichtstrahlend rekombinieren. Bei einer Rekombination wird die Energie jedoch nicht in Form von Licht sondern in Form von Wärme umgesetzt. Die entstehende Wärme reduziert jedoch den Wirkungsgrad und insbesondere die Lebensdauer der Quantentopfstruktur.

In [2] wird die Herstellung von Gold- und Kobalt-Partikeln im Nanometerregime mittels Nanometer-Lithographie beschrieben. Während des beschriebenen Herstellungsprozesses wird durch Strukturierung einer Oberfläche die Bildung von Gold- und

Kobalt-Partikeln an festgelegten Orten bevorzugt. Jedoch wird durch die beschriebene Strukturierungsart sowie die verwendeten Materialien die Ausbildung von ungleichmäßigen Partikeln sowie von Partikelketten und ringförmigen Partikelstrukturen bevorzugt.

In [3] ist ein Herstellungsverfahren für eine selbstorganisierte Struktur aus InAs-Quantenpunkten auf einer GaAs-Schicht offenbart. Um die Selbstorganisation der InAs-Quantenpunkte zu erreichen, wird die GaAs-Schicht in einem Ätzverfahren mittels einer photolithographisch erzeugten Maske strukturiert. Bei dieser Strukturierung werden an der GaAs-Oberfläche in der GaAs-Schicht Löcher erzeugt, welche regelmäßig und matrixartig auf der GaAs-Oberfläche verteilt sind. Nachfolgend abgeschiedenes InAs sammelt sich nun bevorzugt als InAs-Quantenpunkte in den Löchern der GaAs-Schicht. Die selbstorganisierte Struktur aus InAs-Quantenpunkten hat den Nachteil, dass während ihrer Herstellung weder die Lage noch die Größe der InAs-Quantenpunkte gesteuert wird.

Ein Verfahren zum Herstellen einer dreidimensionalen Quantenpunkt-Anordnung wird in [4] offenbart. Dabei werden mehrere Schichten mit jeweils einer zweidimensionalen Anordnung von Quantenpunkten übereinander angeordnet. In jeder Schicht werden die Quantenpunkte auf den Schnittpunkten eines zweidimensionalen Gitters angeordnet. Dieses Gitter wird durch Störungen der Kristallstruktur der zugrunde liegenden Kristallschicht erzeugt, insbesondere durch Dotieren mittels Fremdatomen. Folglich wird insbesondere die Lage, jedoch weder die Form noch die Größe der Quantenpunkte gesteuert.

In [5] ist ein Verfahren zum Herstellen einer zweidimensionalen Quantenpunkt-Anordnung offenbart, welches im Wesentlichen dem Verfahren in [3] gleicht. Auf die resultierende Quantenpunkt-Anordnung wird allerdings noch

eine Deckschicht aufgebracht, welche auf ihrer Oberseite durch die Ausdehnung der bedeckten Quantenpunkte eine Strukturierung aufweist.

- 5 Der Erfindung liegt somit das Problem zugrunde, eine Quantenpunkt-Struktur, einen Halbleiterlaser sowie ein Verfahren zur Herstellung einer Quantenpunkt-Struktur anzugeben, bei der/dem die Quantenpunkte jeweils gleiche Größe sowie gleiche Abstände zueinander aufweisen.

10

Das Problem wird durch eine Quantenpunkt-Struktur, einen Halbleiterlaser sowie durch ein Verfahren zur Herstellung einer Quantenpunkt-Struktur mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

15

- Eine Quantenpunkt-Struktur weist auf eine erste Schicht aus einem ersten Material mit einer ersten Gitterkonstante, wobei die erste Schicht eine mit Strukturierungskörpern bedeckte Oberfläche aufweist, und eine über dieser Oberfläche der ersten Schicht aufgewachsene zweite Schicht aus einem zweiten Material mit einer zweiten Gitterkonstante, die ungleich der ersten Gitterkonstante ist, wobei das erste Material, die Oberfläche, die Strukturierungskörper und das zweite Material derart eingerichtet sind, dass sich aus dem zweiten Material
- 20 Quantenpunkte gleicher Größe und mit gleichem Abstand zueinander ausbilden.

25

- Die erfindungsgemäße Quantenpunkt-Struktur kann außerdem zur Verwendung in einem Bauelement mit optoelektronischer Wechselwirkung vorgesehen sein. Vorzugsweise handelt es sich bei einem Bauelement mit optoelektronischer Wechselwirkung um einen Halbleiterlaser, einen optoelektronischen Verstärker oder einen optoelektronischen Modulator.

30

- 35 Ein Verfahren zur Herstellung einer Quantenpunkt-Struktur weist folgende Schritte auf: Bereitstellen einer ersten Schicht aus einem ersten Material mit einer ersten

Gitterkonstante und mit einer Oberfläche; Strukturieren der Oberfläche der ersten Schicht mittels Aufbringens von Strukturierungskörpern; und Aufwachsen einer zweiten Schicht aus einem zweiten Material mit einer zweiten Gitterkonstante, die ungleich der ersten Gitterkonstante ist, über dieser Oberfläche und den Strukturierungskörpern, wobei das erste Material, die Oberfläche, die Strukturierungskörper und das zweite Material derart eingerichtet sind, dass sich aus dem zweiten Material Quantenpunkte gleicher Größe und mit gleichem Abstand zueinander ausbilden.

Ein Vorteil der Erfindung kann darin gesehen werden, dass das Problem der Regelmäßigkeit der Quantenpunkte berücksichtigt wird indem mittels einer Strukturierung der Oberfläche der ersten Schicht auf Grund von Strukturierungskörpern, auf der die zweite Schicht aufgewachsen wurde, Einfluss auf den Ort der Ausbildung von Quantenpunkten sowie deren Größe genommen werden kann.

Auf die Oberfläche der ersten Schicht mit den Strukturierungskörpern werden die Quantenpunkte mit bekannten selbstanordnenden Verfahren aufgewachsen. Die Strukturierung der Oberfläche der ersten Schicht mittels der Strukturierungskörper bewirkt eine Beeinflussung des Oberflächenpotentials, welches direkten Einfluss auf den Ort der Ausbildung der Quantenpunkte sowie deren Größe ausübt. Somit steuert die Strukturierung der Oberfläche der ersten Schicht die Regelmäßigkeit der Anordnung der Quantenpunkte. Als Möglichkeiten für die Anordnung der Quantenpunkte bieten sich beispielsweise an: hexagonal, rechteckig und trapezoidal.

Die Strukturierungskörper auf der Oberfläche der ersten Schicht können eine Größe in der Größenordnung von 2 nm bis 500 nm aufweisen. Durch die gewählte Strukturierung wird die Dichte der Quantenpunkte innerhalb der zweiten Schicht gesteuert. Damit bietet die Strukturierung der Oberfläche der

ersten Schicht außerdem eine Steuerungsmöglichkeit für die Kopplung der Quantenpunkte untereinander.

Die Oberfläche der ersten Schicht kann zusätzlich durch
5 verschiedene technische Maßnahmen strukturiert werden. Diese technischen Maßnahmen können beispielsweise sein:
Implantation, Epitaxie (z.B. mittels Elektronenstrahlen, Ionenstrahlen oder Molekularstrahlen), dielektrische Beschichtung, Aufdampfung, Sputtern, sowie Nachbehandlung der
10 sich ergebenden ersten Schicht. Somit ist es möglich, für die Epitaxie der Quantenpunkte ein regelmäßiges Profil, z.B. durch verspannte Epitaxieschichten, bereitzustellen.

Die Regelmäßigkeit der Quantenpunkt-Struktur kann auch an
15 Strukturen wie z.B. photonische Kristalle oder an die optischen Randbedingungen von Wellenleitern, Filtern oder anderen optischen Strukturen angepasst werden, in denen die Quantenpunkt-Struktur als elektrooptisches Material eingesetzt wird. Es ist beispielsweise vorstellbar, dass eine
20 photonische Zelle nur einen oder zwei Quantenpunkte enthält.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Quantenpunkt-Struktur ist die Bereitstellung einer geringen Laserschwelle mit einem Verstärkungskoeffizienten von größer gleich
25 10 cm^{-1} , wenn die Quantenpunkt-Struktur als lichtverstärkende Vorrichtung, beispielsweise in einem Halbleiterlaser, eingesetzt wird.

Schließlich ergibt sich noch als weiterer Vorteil, dass die
30 erfindungsgemäße Quantenpunkt-Struktur durch die homogene Größe der Quantenpunkte verstärktes Licht mit einer geringen Linienbreite von kleiner gleich 10 MHz bereitstellt, wenn die Quantenpunkt-Struktur als laseraktive Vorrichtung, beispielsweise in einem Halbleiterlaser, eingesetzt wird.

35

Die erste Schicht kann beispielsweise aus einem III-V-Halbleiter, einem II-VI-Halbleiter oder einem IV-Halbleiter

hergestellt sein. Als IV-Halbleitermaterial wird bevorzugt Silizium gewählt. Es kann als Material für die erste Schicht jedoch auch Glas, Saphir (Al_2O_3) oder ein anderes strukturierbares Material verwendet werden.

5

Vorzugsweise ist die Oberfläche der ersten Schicht der erfindungsgemäßen Quantenpunkt-Struktur derart eingerichtet, dass die Strukturierungskörper regelmäßig angeordnet sind, wodurch sich eine strukturierte Oberfläche mit Höhen und

10

Senken ergibt.

Bei der erfindungsgemäßen Quantenpunkt-Struktur weisen die Strukturierungskörper bevorzugt die Form von Kugeln auf. Diese kugelförmigen Strukturierungskörper sind auf der

15

Oberfläche der ersten Schicht vorzugsweise wie in einem Querschnitt durch eine hexagonal dichteste Kugelpackung angeordnet.

In einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Quantenpunkt-Struktur werden die Quantenpunkte nur in den Senken der strukturierten Oberfläche ausgebildet, wodurch sich eine zweidimensionale Quantenpunkt-Struktur ergibt.

20

Alternativ werden die Quantenpunkte auch in den Senken und auf den Höhen der strukturierten Oberfläche ausgebildet, wodurch sich eine dreidimensionale Quantenpunkt-Struktur ergibt.

25

In einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Quantenpunkt-Struktur ist über den Quantenpunkten eine Deckschicht angeordnet. Diese Deckschicht kann beispielsweise zur optischen und/oder elektrischen Isolation der Quantenpunkt-Struktur gegenüber der Umgebung vorgesehen sein oder als Grundlage zur Verbindung der Quantenpunkt-Struktur mit weiteren aufzuwachsenden Schichten dienen.

30

35

Weiterhin kann die Deckschicht der erfindungsgemäßen Quantenpunkt-Struktur bevorzugt derart vorgesehen sein, dass über der Deckschicht weitere Quantenpunkte angeordnet sind. Folglich sind gemäß der Erfindung auch dreidimensionale

5 Quantenpunkt-Strukturen vorstellbar. Der Abstand zwischen den Schichten mit den Quantenpunkten ist dabei derart einstellbar, dass eine Kopplung von Quantenpunkten parallel zur Wachstumsrichtung der Schichten gesteuert werden kann.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Quantenpunkt-Struktur weisen die weiteren Quantenpunkte oberhalb der Deckschicht die gleiche relative Anordnung auf wie die Quantenpunkte auf der Oberfläche der ersten Schicht.

15 Weiterhin können in der erfindungsgemäßen Quantenpunkt-Struktur alternierende Schichten mit jeweils regelmäßig angeordneten Quantenpunkten eine dreidimensionale Quantenpunkt-Struktur bilden.

20 Außerdem ist es auch möglich, auf der ersten Schicht bzw. dem Substrat Schichten von zweidimensionalen Quantenpunkt-Strukturen oder Gruppen von dreidimensionalen Quantenpunkt-Strukturen mit jeweils unterschiedlichen Eigenschaften der Quantenpunkte zu bilden.

25

Befinden sich auf der ersten Schicht bzw. dem Substrat Schichten von zweidimensionalen Quantenpunkt-Strukturen, wobei die elektrooptischen Eigenschaften der Quantenpunkte innerhalb einer Schicht gleich sind (z.B. gleiche Verstärkung und gleiche Bandbreite), jedoch mit jeweils unterschiedlichen

30 Eigenschaften der Quantenpunkte von Schicht zu Schicht, so kann auch eine Gesamtstruktur aus mehreren Schichten mit periodisch zyklisch vertauschten Schichten und somit Quantenpunkt-Eigenschaften gebildet werden.

35

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden als Strukturierungskörper vorzugsweise Kugeln verwendet, wodurch sich eine hexagonale Quantenpunkt-Struktur ergibt.

- 5 Eine Herstellung von hexagonalen Quantenpunkt-Strukturen kann beispielsweise mittels Kugeln mit einem Durchmesser im Bereich von 10 nm bis 1 μ m, vorzugsweise von 10 nm bis 100 nm, erfolgen.
- 10 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Strukturierungskörper auf der Oberfläche der ersten Schicht vorzugsweise regelmäßig angeordnet, wodurch sich eine strukturierte Oberfläche mit Höhen und Senken ergibt.
- 15 Vorzugsweise werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Quantenpunkte nur in den Senken der strukturierten Oberfläche ausgebildet, wodurch sich eine zweidimensionale Quantenpunkt-Struktur ergibt.
- 20 Alternativ dazu werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Quantenpunkte in den Senken und auf den Höhen der strukturierten Oberfläche ausgebildet, wodurch sich eine dreidimensionale Quantenpunkt-Struktur ergibt.
- 25 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Strukturierungskörper bevorzugt nach dem Ausbilden der Quantenpunkte wieder von der Oberfläche der ersten Schicht entfernt. Somit bleiben lediglich die Quantenpunkte in der vorherbestimmten Lage, Form und Größe auf der Oberfläche der
- 30 ersten Schicht bestehen. Zum Entfernen der Strukturierungskörper kann ein geeigneter Ätzprozess oder ein sogenannter Lift-Off-Prozess verwendet werden.

- In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen
- 35 Verfahrens wird über den Quantenpunkten eine Deckschicht bereitgestellt.

Weiterhin werden über der Deckschicht bevorzugt weitere Quantenpunkte ausgebildet.

5 Vorzugsweise werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die weiteren Quantenpunkte oberhalb der Deckschicht mit der gleichen Anordnung wie die Quantenpunkte auf der Oberfläche ausgebildet.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Anordnung der Quantenpunkte durch alternierende Schichten mit jeweils regelmäßig angeordneten Quantenpunkten verwirklicht.

15 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Dabei bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Komponenten.

Es zeigen

20 Figur 1 eine Draufsicht auf eine erste Schicht zu Beginn der Herstellung einer Quantenpunkt-Struktur gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 2 einen Querschnitt durch die Quantenpunkt-Struktur aus Fig.1 entlang der Schnittlinie L-L;

25 Figur 3 einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 4 einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

30 Figur 5 einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

35 Figur 6 einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 7 einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Figur 8 einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig.1 zeigt eine Draufsicht auf eine erste Schicht 102 zu Beginn der Herstellung einer Quantenpunkt-Struktur 101 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Als Material für die erste Schicht 102 wird in diesem Ausführungsbeispiel GaAs verwendet. Zur Strukturierung der Oberfläche der ersten Schicht 102 befindet sich auf dieser eine Monolage gleich großer Strukturierungskörper 103, welche in diesem Ausführungsbeispiel die Form von Kugeln haben und auf den Gitterpunkten einer Begrenzungsfläche einer Elementarzelle einer hexagonal dichtesten Packung angeordnet und aus Silicatglas gefertigt sind. Die Strukturierungskörper 103 berühren jeweils ihre nächsten Nachbarn. Durch die Form und Anordnung der Strukturierungskörper 103 ergeben sich Aussparungen 104 zwischen jeweils drei Strukturierungskörpern 103, welche gleiche Form haben und gleichen Abstand zur jeweils nächstliegenden Aussparung 104 aufweisen.

In einem MOCVD-Prozess wird $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$ als zweite Schicht in den Aussparungen 104 auf die erste Schicht 102 aufgewachsen. Das aufgewachsene Material bildet durch seine Transformationswilligkeit sowie durch die Strukturierungskörper 103 gleich große Quantenpunkte mit gleichem Abstand zueinander aus, welche eine regelmäßige Quantenpunkt-Struktur 101 in zwei Dimensionen parallel zur Oberfläche der ersten Schicht 102 bilden. Die Strukturierungskörper 103 werden nachfolgend durch einen Lift-off-Prozess von der ersten Schicht 102 entfernt, so dass

nur noch die erste Schicht 102 mit den aufgewachsenen Quantenpunkten übrig bleibt.

Die Strukturierungskörper 103 können auch andere Formen als in diesem Ausführungsbeispiel aufweisen. Dabei könnte es sich vor allem um eine zylindrische Form oder eine kubische Form handeln. Weiterhin können die Strukturierungskörper 103 auch in einer anderen als der hexagonal dichtesten Packung angeordnet sein.

An Stelle von Silicatglas für die Strukturierungskörper 103 kann auch ein anderes Material verwendet werden, so beispielsweise Latex oder Kunstharz. Latex hat den Vorteil, dass in seine vernetzte Polymerstruktur kleine magnetische oder magnetisierbare Atome eingebaut werden können, wodurch die Positionierung, die Fixierung während des MOCVD-Prozesses und die Entfernung im Lift-Off-Prozess mit Hilfe von Magnetkräften durchführbar wäre. Kunstharz hat einen vergleichbaren Vorteil wie Latex, jedoch würden bei Kunstharz nicht Magnetkräfte sondern elektrische Feldkräfte zum Einsatz kommen.

Zusätzlich zur Strukturierung mittels Strukturierungskörpern 103 kann auch die Anwendung einer konstruierten Potentialverteilung auf der Oberfläche der ersten Schicht 102 verwendet werden. Selbstverständlich können auch andere Maßnahmen zur zusätzlichen Strukturierung der Oberfläche der ersten Schicht 102 angewandt werden.

An Stelle von GaAs als Material für die erste Schicht 102 und von $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$ als Material für die Quantenpunkte kann auch jede andere Kombination von Materialien aus der Gruppe der IV-IV-, III-V- und II-VI-Halbleiter verwendet werden.

Fig.2 zeigt einen Querschnitt durch die Quantenpunkt-Struktur 101, welche gemäß der Beschreibung zu Fig.1 hergestellt wurde, entlang der Schnittlinie L-L. Deutlich sind hier die

regelmäßig angeordneten und gleich großen Quantenpunkte 201 dargestellt.

In **Fig.3** ist ein Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur 301 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung
5 gezeigt.

Die Quantenpunkt-Struktur 301 basiert auf der Quantenpunkt-Struktur 101, wurde analog wie in Fig.1 beschrieben
10 hergestellt und weist zusätzlich eine Deckschicht 302 auf. Die Deckschicht 302 bedeckt die Oberfläche der ersten Schicht 102 sowie die Quantenpunkte 201. Diese Deckschicht 302 dient der optischen und/oder elektrischen Beschränkung der
15 Quantenpunkt-Struktur 301 und kann dabei auch aus Stapeln von mehreren Schichten bestehen. Weiterhin kann die Deckschicht 302 auch derart ausgebildet sein, dass sie das von den Quantenpunkten 201 erzeugte Licht von den Quantenpunkten 201 zum Bestimmungsort führen.

20 **Fig.4** zeigt einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur 401 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Das dritte Ausführungsbeispiel ist eine Weiterbildung des
25 zweiten Ausführungsbeispiels. In einer Ebene oberhalb und parallel zur Oberfläche der ersten Schicht 102 wurden auf der Deckschicht 302 eine regelmäßige Anordnung von zweiten Quantenpunkten 402 gebildet. Die zweiten Quantenpunkte 402 befinden sich genau oberhalb der Quantenpunkte 201 und sind
30 von diesen nur durch die Deckschicht 302 getrennt. Zur Erzeugung der zweiten Quantenpunkte 402 ist keine erneute Strukturierung der Deckschicht 302 notwendig, wenn die Deckschicht 302 nicht zu dick ist und sich somit die energetische Verspannung der Quantenpunkte 201 auf das
35 Potential der Oberfläche der Deckschicht 302 auswirken kann. In einer Draufsicht auf die Quantenpunkt-Struktur 401 würden die Quantenpunkte 201 und die zweiten Quantenpunkte 402

deckungsgleich dargestellt werden. Die Quantenpunkt-Struktur 401 weist folglich eine dreidimensionale Anordnung von Quantenpunkten auf.

- 5 **Fig.5** zeigt einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur 501 gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

10 Dieses Ausführungsbeispiel ist mit dem in Fig.3 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel vergleichbar. Die aus Fig.4 bekannte Quantenpunkt-Struktur 401 wird hier durch eine zweite Deckschicht 502 ergänzt, deren Eigenschaften mit den Eigenschaften der Deckschicht 302 vergleichbar sind.

15 In **Fig.6** ist ein Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur 601 gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Hier wurde die Quantenpunkt-Struktur 401 aus Fig.4 durch dritte Quantenpunkte 602 erweitert, welche jeweils oberhalb aber genau zwischen den Quantenpunkten 201
20 angeordnet sind. Eine dritte Deckschicht 603 bedeckt die dritten Quantenpunkte 602. Auch die dritte Deckschicht 603 hat mit der Deckschicht 302 vergleichbare Eigenschaften. Auch die Quantenpunkt-Struktur 601 weist folglich eine dreidimensionale Anordnung von Quantenpunkten auf.

25

Fig.7 zeigt einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur 701 gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

30 Das Verfahren zur Herstellung der Quantenpunkt-Struktur 701 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel ist vergleichbar mit dem Verfahren zur Herstellung der Quantenpunkt-Struktur 101 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

35 Als Material für die erste Schicht 102 wird in diesem Ausführungsbeispiel wieder GaAs verwendet. Zur Strukturierung der Oberfläche der ersten Schicht 102 befindet sich auf

dieser eine Monolage gleich großer Strukturierungskörper, welche auch in diesem Ausführungsbeispiel die Form von Kugeln haben und auf den Gitterpunkten einer Begrenzungsfläche einer Elementarzelle einer hexagonal dichtesten Packung angeordnet und aus Silicatglas gefertigt sind. Die Strukturierungskörper berühren jeweils ihre nächsten Nachbarn. Durch die Form und Anordnung der Strukturierungskörper ergeben sich Aussparungen zwischen jeweils drei Strukturierungskörpern, welche gleiche Form haben und gleichen Abstand zur jeweils nächstliegenden Aussparung aufweisen.

In einem MOCVD-Prozess wird das gleiche Material wie für die erste Schicht 102, in diesem Ausführungsbeispiel also GaAs, in den Aussparungen auf die erste Schicht 102 aufgewachsen. Das aufgewachsene Material bildet durch die Strukturierungskörper gleich große Erhebungen 702 mit gleichem Abstand zueinander aus.

In einem weiteren MOCVD-Prozess wird $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$ als zweite Schicht auf die Erhebungen 702 der ersten Schicht 102 aufgewachsen. Das aufgewachsene Material bildet durch seine Transformationswilligkeit sowie durch die Erhebungen 702 und die Strukturierungskörper gleich große obere Quantenpunkte 703 mit gleichem Abstand zueinander aus, welche eine regelmäßige Struktur der oberen Quantenpunkte 703 in zwei Dimensionen parallel zur Oberfläche der ersten Schicht 102 bilden. Die Strukturierungskörper werden nachfolgend durch einen Lift-off-Prozess von der ersten Schicht 102 entfernt, so dass Senken 704 zwischen den Erhebungen 702 auf der ersten Schicht 102 übrig bleiben.

Die Quantenpunkt-Struktur 701 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel besteht somit aus der ersten Schicht 102 mit einer regelmäßigen, strukturierten Oberfläche mit Erhebungen 702 und Senken 704 sowie auf den Erhebungen 702 aufgewachsenen oberen Quantenpunkten 703.

An Stelle von GaAs als Material für die erste Schicht 102 und von $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$ als Material für die oberen Quantenpunkte 703 kann auch jede andere Kombination von Materialien aus der Gruppe der IV-IV-, III-V- und II-VI-Halbleiter verwendet werden.

Alternativ zu diesem Ausführungsbeispiel kann die Entfernung der Strukturierungskörper mittels Lift-off-Prozess auch vor der Abscheidung des Quantenpunkt-Materials und somit vor der Bildung von Quantenpunkten auf der ersten Schicht 102 erfolgen. Dem abzuscheidenden Quantenpunkt-Material bietet sich dann eine reine GaAs-Oberfläche mit Erhebungen 702 und Senken 704. Die Materialbestandteile des abzuscheidenden Quantenpunkt-Materials finden auf den Erhebungen 702 ein lokales Energieminimum und in den Senken 704 ein absolutes Energieminimum vor. Durch die Transformationswilligkeit des Quantenpunkt-Materials und die Tendenz, ein absolutes Energieminimum zu erreichen, bilden sich folglich bei bereits entfernten Strukturierungskörpern Quantenpunkte vorwiegend in den Senken 704 der ersten Schicht 102 aus.

Fig.8 zeigt einen Querschnitt durch eine Quantenpunkt-Struktur 801 gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Die Quantenpunkt-Struktur 801 gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von der Quantenpunkt-Struktur 701 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung dadurch, dass sich sowohl auf den Erhebungen 702 der ersten Schicht 102 obere Quantenpunkte 703 als auch in den Senken 704 der ersten Schicht 102 untere Quantenpunkte 802 ausgebildet haben. Somit repräsentiert dieses Ausführungsbeispiel eine dreidimensionale Quantenpunkt-Struktur 801.

Eine Möglichkeit zur Herstellung der Quantenpunkt-Struktur 801 gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel ist eine gezielte

Weiterbehandlung der Quantenpunkt-Struktur 701 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel, wobei zunächst über den oberen Quantenpunkten 703 jeweils eine Schutzkappe abgeschieden wird, dann die unteren Quantenpunkte 802 durch einen MOCVD-
5 Prozess sowie Materialtransformation gebildet und schließlich die Schutzkappen über den oberen Quantenpunkten 703 wieder entfernt werden.

Auf die Quantenpunkt-Struktur 801 gemäß dem siebten
10 Ausführungsbeispiel der Erfindung können ebenso noch weitere Material- und Quantenpunkt-Schichten aufgewachsen werden, wie dies bereits für die in Fig.3 bis Fig.6 dargestellten Ausführungsbeispiele beschrieben wurde.

In diesem Dokument sind folgende Veröffentlichungen zitiert:

- 5 [1] M. Grundmann und D. Bimberg, Selbstordnende
Quantenpunkte: Vom Festkörper zum Atom, Physikalische
Blätter, Band 53, S. 517-522, Juni 1997
- 10 [2] M. Winzer et al., Fabrication of nano-dot- and nano-ring-
arrays by nanosphere lithography, Applied Physics A,
volume 63, issue 6, p. 617-619, December 1996
- 15 [3] T. Ishikawa et al., Site control of self-organized InAs
dots on GaAs substrates by in situ electron-beam
lithography and molecular-beam epitaxy, Applied Physics
Letters, volume 73, No. 12, p. 1712-1714, September 1998
- [4] US 5 888 885 A
- [5] JP 11-340449 A

Bezugszeichenliste

- 101 Quantenpunkt-Struktur gemäß erstem Ausführungsbeispiel
- 102 erste Schicht
- 103 Strukturierungskörper
- 104 Aussparungen
- 201 Quantenpunkt
- 301 Quantenpunkt-Struktur gemäß zweitem Ausführungsbeispiel
- 302 Deckschicht
- 401 Quantenpunkt-Struktur gemäß drittem Ausführungsbeispiel
- 402 zweiter Quantenpunkt
- 501 Quantenpunkt-Struktur gemäß viertem Ausführungsbeispiel
- 502 zweite Deckschicht
- 601 Quantenpunkt-Struktur gemäß fünftem Ausführungsbeispiel
- 602 dritter Quantenpunkt
- 603 dritte Deckschicht
- 701 Quantenpunkt-Struktur gemäß sechstem
Ausführungsbeispiel
- 702 Erhebung
- 703 oberer Quantenpunkt
- 704 Senke
- 801 Quantenpunkt-Struktur gemäß siebtem Ausführungsbeispiel
- 802 unterer Quantenpunkt

Patentansprüche

1. Quantenpunkt-Struktur

- mit einer ersten Schicht (102) aus einem ersten Material
5 mit einer ersten Gitterkonstante,
- bei der die erste Schicht (102) eine mit
Strukturierungskörpern (103) bedeckte Oberfläche
aufweist, und
- mit einer über dieser Oberfläche der ersten Schicht (102)
10 aufgewachsenen zweiten Schicht aus einem zweiten Material
mit einer zweiten Gitterkonstante, die ungleich der
ersten Gitterkonstante ist,
- wobei das erste Material, die Oberfläche, die
15 Strukturierungskörper (103) und das zweite Material
derart eingerichtet sind, dass sich aus dem zweiten
Material Quantenpunkte (201) gleicher Größe und mit
gleichem Abstand zueinander ausbilden.

2. Quantenpunkt-Struktur gemäß Anspruch 1,

- 20 bei der die Strukturierungskörper (103) auf der Oberfläche
der ersten Schicht (102) regelmäßig angeordnet sind, wodurch
sich eine strukturierte Oberfläche mit Höhen und Senken
ergibt.

3. Quantenpunkt-Struktur gemäß Anspruch 1 oder 2,

- 25 bei der die Strukturierungskörper (103) die Form von Kugeln
aufweisen.

4. Quantenpunkt-Struktur gemäß Anspruch 3,

- 30 bei der die kugelförmigen Strukturierungskörper (103) auf der
Oberfläche der ersten Schicht (102) wie in einem Querschnitt
durch eine hexagonal dichteste Kugelpackung angeordnet sind.

5. Quantenpunkt-Struktur gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4,

- 35 bei der die Quantenpunkte (201) nur in den Senken der
strukturierten Oberfläche ausgebildet sind, wodurch sich eine
zweidimensionale Quantenpunkt-Struktur (101) ergibt.

6. Quantenpunkt-Struktur gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4,
bei der die Quantenpunkte in den Senken und auf den Höhen der
strukturierten Oberfläche ausgebildet sind, wodurch sich eine
5 dreidimensionale Quantenpunkt-Struktur ergibt.

7. Quantenpunkt-Struktur gemäß einem der vorangehenden
Ansprüche,
bei der über den Quantenpunkten (201) eine Deckschicht (302)
10 angeordnet ist.

8. Quantenpunkt-Struktur gemäß Anspruch 7,
bei der über der Deckschicht (302) weitere Quantenpunkte
(402, 602) angeordnet sind.

9. Quantenpunkt-Struktur gemäß Anspruch 8,
bei der die weiteren Quantenpunkte (402) oberhalb der
Deckschicht die gleiche relative Anordnung aufweisen wie die
Quantenpunkte auf der Oberfläche.

10. Quantenpunkt-Struktur gemäß Anspruch 8 oder 9,
bei der alternierende Schichten mit jeweils regelmäßig
angeordneten Quantenpunkten (201, 402, 602) eine
dreidimensionale Quantenpunkt-Struktur bilden.

11. Bauelement mit optoelektronischer Wechselwirkung,
welches eine Quantenpunkt-Struktur gemäß einem der
vorangehenden Ansprüche aufweist.

12. Bauelement gemäß Anspruch 11,
welches durch einen Halbleiterlaser, einen optoelektronischen
Verstärker oder einen optoelektronischen Modulator
verwirklicht ist.

13. Verfahren zur Herstellung einer Quantenpunkt-Struktur mit
folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer ersten Schicht (102) aus einem ersten Material mit einer ersten Gitterkonstante und mit einer Oberfläche,
- Strukturieren der Oberfläche der ersten Schicht (102) mittels Aufbringens von Strukturierungskörpern (103), und
- Aufwachsen einer zweiten Schicht aus einem zweiten Material mit einer zweiten Gitterkonstante, die ungleich der ersten Gitterkonstante ist, über dieser Oberfläche und den Strukturierungskörpern (103), wobei das erste Material; die Oberfläche, die Strukturierungskörper (103) und das zweite Material derart eingerichtet sind, dass sich aus dem zweiten Material Quantenpunkte (201) gleicher Größe und mit gleichem Abstand zueinander ausbilden.

14. Verfahren gemäß Anspruch 13,

bei dem als Strukturierungskörper (103) Kugeln auf der Oberfläche der ersten Schicht (102) angeordnet werden.

15. Verfahren gemäß Anspruch 13 oder 14,

bei dem die Strukturierungskörper (103) auf der Oberfläche der ersten Schicht (102) regelmäßig angeordnet werden, wodurch sich eine strukturierte Oberfläche mit Höhen und Senken ergibt.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15,

bei dem die Quantenpunkte (201) nur in den Senken der strukturierten Oberfläche ausgebildet werden, wodurch sich eine zweidimensionale Quantenpunkt-Struktur (101) ergibt.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15,

bei dem die Quantenpunkte (201) in den Senken und auf den Höhen der strukturierten Oberfläche ausgebildet werden, wodurch sich eine dreidimensionale Quantenpunkt-Struktur ergibt.

18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 13 bis 17,
bei dem die Strukturierungskörper (103) nach dem Ausbilden
der Quantenpunkte (201) von der Oberfläche der ersten Schicht
(102) entfernt werden.

5

19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 13 bis 18,
bei dem über den Quantenpunkten (201) eine Deckschicht (302)
bereitgestellt wird.

10

20. Verfahren gemäß Anspruch 19,
bei dem über der Deckschicht (302) weitere Quantenpunkte
(402, 602) ausgebildet werden.

15

21. Verfahren gemäß Anspruch 20,
bei dem die weiteren Quantenpunkte (402) oberhalb der
Deckschicht (302) mit der gleichen Anordnung wie die
Quantenpunkte (201) auf der Oberfläche ausgebildet werden.

20

22. Verfahren gemäß Anspruch 20 oder 21,
bei dem die Anordnung der Quantenpunkte (201, 402, 602) durch
alternierende Schichten mit jeweils regelmäßig angeordneten
Quantenpunkten (201, 402, 602) verwirklicht wird.

1/4

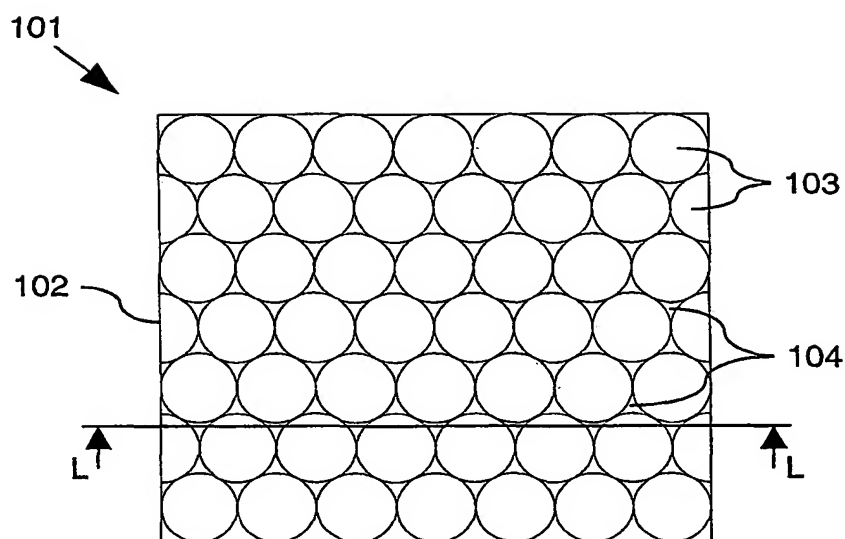


Fig.1

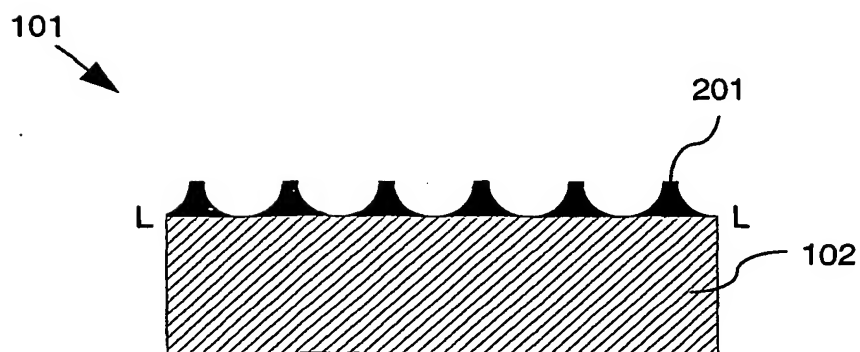


Fig.2

2/4

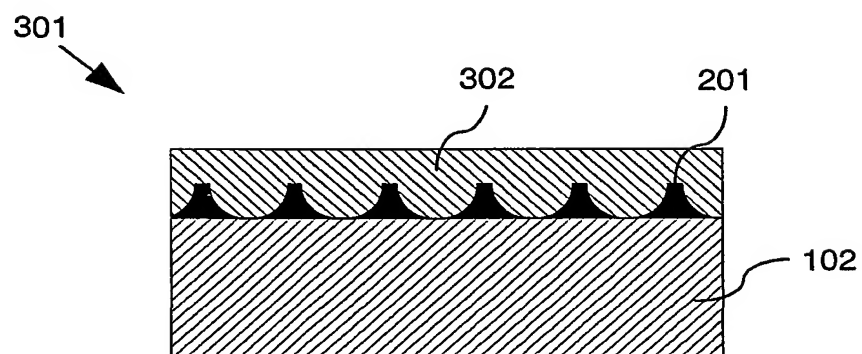


Fig.3

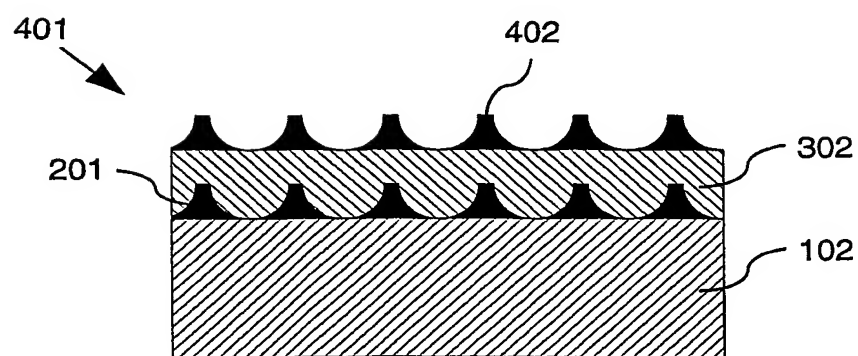


Fig.4

3/4

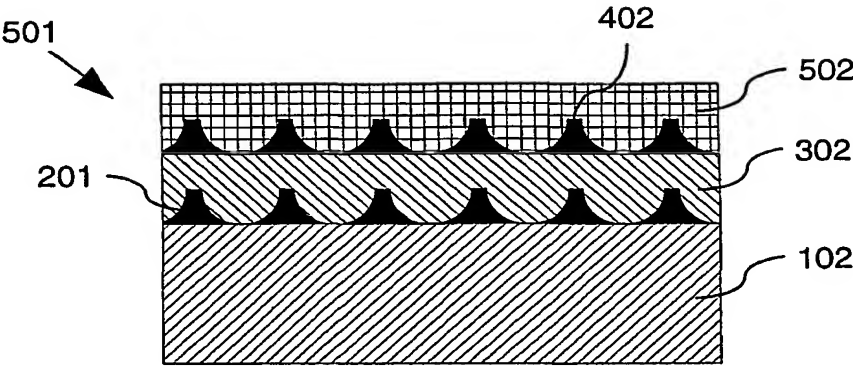


Fig.5

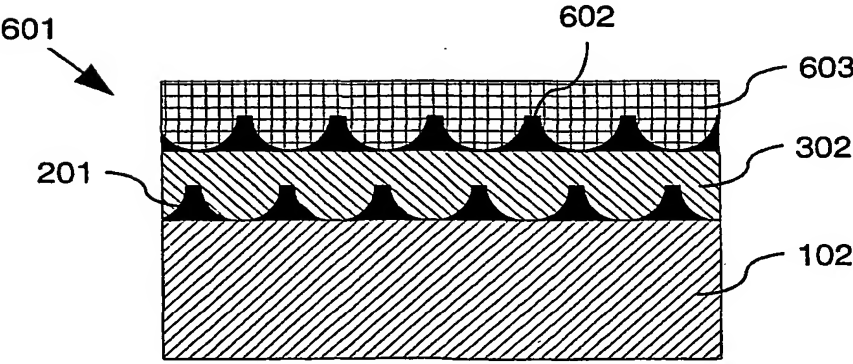


Fig.6

4/4

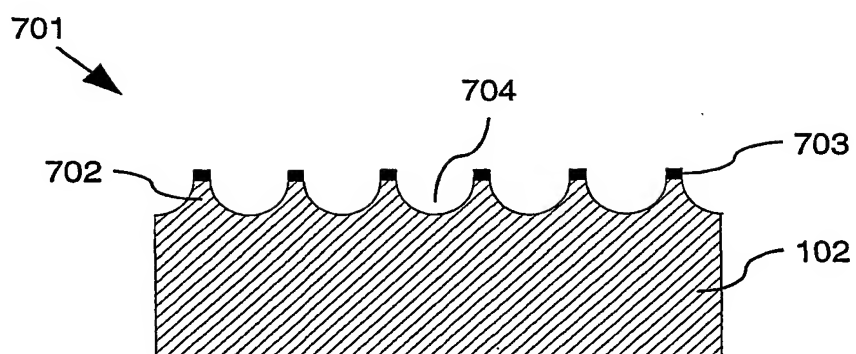


Fig.7

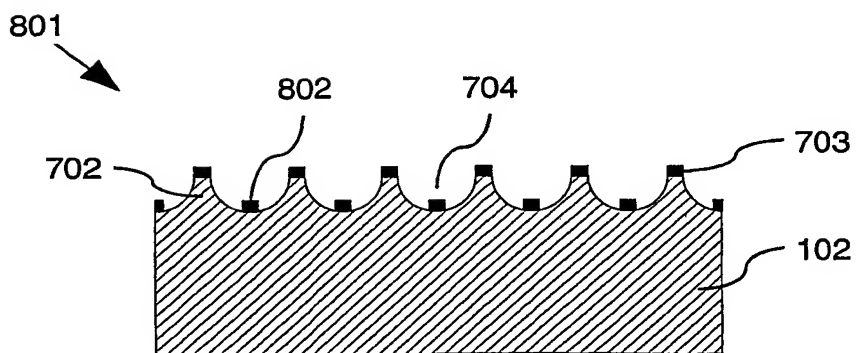


Fig.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter: Application No
PCT/DE 02/00308

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L21/20 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 544 408 A (XEROX CORP) 2 June 1993 (1993-06-02) column 10, line 55 -column 11, line 32	1-4, 7-15, 18-22
X	HULTEEN J C ET AL: "NANOSPHERE LOTHOGRAPHY: A MATERIALS GENERAL FABRICATION PROCESS FOR PERIODIC PARTICLE ARRAY SURFACES" JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART A, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 13, no. 3, PART 2, 1 May 1995 (1995-05-01), pages 1553-1558, XP000536492 ISSN: 0734-2101 the whole document	1-4, 7-15, 18-22

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 July 2002

Date of mailing of the international search report

22/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wolff, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern Application No

PCT/DE 02/00308

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DECKMAN H W ET AL: "NATURAL LITHOGRAPHY" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 41, no. 4, 15 August 1982 (1982-08-15), pages 377-379, XP000955278 ISSN: 0003-6951 the whole document	1-4, 7-15, 18-22
A	EP 0 851 506 A (SANYO ELECTRIC CO) 1 July 1998 (1998-07-01) column 20, line 2-29; figure 21	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Interr il Application No

PCT/DE 02/00308

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0544408	A	02-06-1993	DE	69230552 D1	17-02-2000
			DE	69230552 T2	10-08-2000
			EP	0544408 A2	02-06-1993
			JP	3243303 B2	07-01-2002
			JP	5218499 A	27-08-1993
			US	5607876 A	04-03-1997
<hr/>					
EP 0851506	A	01-07-1998	JP	10189779 A	21-07-1998
			EP	0851506 A2	01-07-1998
<hr/>					

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inten es Aktenzeichen

PCT/DE 02/00308

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L21/20 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 544 408 A (XEROX CORP) 2. Juni 1993 (1993-06-02) Spalte 10, Zeile 55 -Spalte 11, Zeile 32	1-4, 7-15, 18-22
X	HULTEEN J C ET AL: "NANOSPHERE LOTHOGRAPHY: A MATERIALS GENERAL FABRICATION PROCESS FOR PERIODIC PARTICLE ARRAY SURFACES" JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART A, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 13, Nr. 3, PART 2, 1. Mai 1995 (1995-05-01), Seiten 1553-1558, XP000536492 ISSN: 0734-2101 das ganze Dokument	1-4, 7-15, 18-22

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Juli 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/07/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wolff, G

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DECKMAN H W ET AL: "NATURAL LITHOGRAPHY" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 41, Nr. 4, 15. August 1982 (1982-08-15), Seiten 377-379, XP000955278 ISSN: 0003-6951 das ganze Dokument	1-4, 7-15, 18-22
A	EP 0 851 506 A (SANYO ELECTRIC CO) 1. Juli 1998 (1998-07-01) Spalte 20, Zeile 2-29; Abbildung 21	1-22

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00308

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0544408	A	02-06-1993	DE 69230552 D1 17-02-2000
			DE 69230552 T2 10-08-2000
			EP 0544408 A2 02-06-1993
			JP 3243303 B2 07-01-2002
			JP 5218499 A 27-08-1993
			US 5607876 A 04-03-1997
EP 0851506	A	01-07-1998	JP 10189779 A 21-07-1998
			EP 0851506 A2 01-07-1998